



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 14 867 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
C 23 C 2/24

②1 Aktenzeichen: 100 14 867.0
②2 Anmeldetag: 24. 3. 2000
④3 Offenlegungstag: 27. 9. 2001

DE 100 14 867 A 1

⑦1 Anmelder:
SMS Demag AG, 40237 Düsseldorf, DE

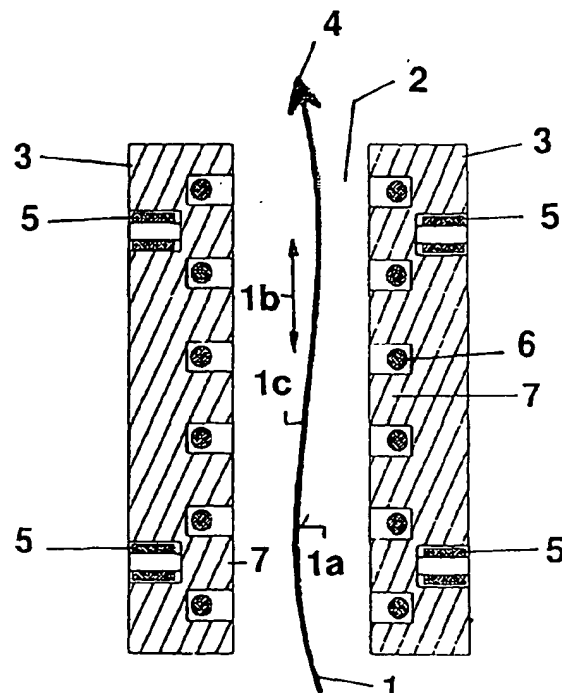
⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Valentin, Gihse, Große, 57072
Siegen

⑦2 Erfinder:
Bünten, Rolf, Dr.-Ing., 40239 Düsseldorf, DE;
Knepe, Günter, Dr., 57271 Hilchenbach, DE;
Trakowski, Walter, Dr., 47269 Duisburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren und Einrichtung zum Schmelztauchbeschichten von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband

⑤7 Ein Verfahren zum Schmelztauchbeschichten von Metallsträngen (1), insbesondere von Stahlband, bei dem der Metallstrang (1) vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal (2) hindurch geführt wird, in dem durch ein elektromagnetisches Wanderfeld im Beschichtungsmetall Induktionströme induziert werden, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls bewirken, wird dahingehend ausgeübt, dass zum Stabilisieren einer mittigen Lage des Metallstrangs (1) im Führungskanal (2) bzw. im Induktor (3) das elektromagnetische Feld senkrecht zur Metallstrang-Oberfläche (1a) kontinuierlich korrigiert wird.



DE 100 14 867 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Schmelztauchbeschichten von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, bei dem der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurch geführt wird, in dem durch ein elektromagnetisches Wanderfeld im Beschichtungsmetall Induktionsströme induziert werden, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls bewirken.

Ein derartiges Verfahren ist z. B. aus der EP 0 673 444 B1 bekannt. Dort ist allerdings die Aufgabe gelöst, ein Verfahren zu schaffen, um die Beruhigung der Schmelze im Führungskanal und auch im Behälter zu erzielen, weil die magnetischen Kräfte ungleichmäßig verteilt sind und Wirbel entstehen. Die bekannte Lösung besteht hierzu darin, dass dem Wanderfeld im oberen Bereich, in Behälternähe, des Führungskanals ein konstantes Gleich- oder Wechselstromfeld entgegengerichtet wird, welches eine Durchwirbelung im Beschichtungsmetall in diesem Bereich dämpft.

Ein anderes Verfahren sieht vor (WO 96/03533), mittels um den Führungskanal angeordneten Feldgeneratoren, ein oszillierendes Feld zu erzeugen. Die induzierten Kräfte vermögen jedoch lediglich den elektromagnetischen Verschluss des Führungskanals zu verschließen und erfüllen sonst keine weiteren Aufgaben.

Schließlich ist noch ein Verfahren bekannt (JP 5086446), Stahlband mit einem Beschichtungsmetall zu versehen, wobei das Beschichtungsmetall allerdings seitlich unter den Induktoren eingeführt und nach oben umgelenkt wird.

Alle bekannten Lösungen befassen sich mit der hydrodynamischen Dichtung des Beschichtungsmetalls aus dem Behälter nach unten, also mit den grundsätzlich erforderlichen physikalischen Größen, die das Verfahren als solches erst möglich machen.

Der Einsatz von elektromagnetischen Kräften bewirkt die Induktion von Wirbelströmen in der Schmelze, die senkrechte resultierende Kräfte in der Schmelze erzeugen. Die magnetischen Wanderfelder erzeugen Kräfte, die senkrecht zur Metallstrang-Oberfläche Kräfte erzeugen, die sich für den symmetrischen Fall gerade aufheben, die jedoch mit abnehmendem Abstand von der Metallstrang-Oberfläche zur Induktoroberfläche ansteigen. Die symmetrische Lage der Felder zu den Oberflächen des Metallstrangs ist jedoch in der Praxis gerade ein Ausnahmefall, der selten erreicht werden kann. Für den normalen Fall, dass der Metallstrang die Mittenlage im Induktor verlässt, werden die anziehenden Kräfte hin zum Induktor, auf den die Startbewegung zunächst zugeht, größer und zusätzlich verstärkend werden die anziehenden Kräfte zum Induktor hin, von dem die Startbewegung zunächst wegging, kleiner. Sofern daher die Lage des Metallstranges im Führungskanal für den magnetohydrodynamischen Verschluss labil ist, bleibt nur noch der mechanische Längszug, der während des Prozesses auf dem Metallstrang ruht, der jedoch nicht ausreicht, den Metallstrang in einer stabilen Mittenlage zu halten.

Diese Lageinstabilität betrifft zum einen die Mittenlage des Metallstranges und zum anderen jedoch auch die Form des Metallstranges parallel zur Strangaufrichtung im Führungskanal. Eine in einem Stahlband befindliche leichte Planheitsstörung wird ebenfalls verstärkt, d. h. ein Cross-Bow im Band wird vergrößert. Erste Versuche haben gezeigt, dass im magneto-hydrodynamischen Verschluss des Führungskanals Kräfte wirken, die in Kombination mit der

Beschichtungstemperatur zu plastischen Veränderungen der Bandform führen. Neben den Cross-Bow-Fehlern wurden außerdem S-förmige Bandformfehler parallel zur Bandaufrichtung festgestellt. Die beobachteten Kurvenformen der Deformation sind größer oder gleich der 2. Ordnung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einstellmöglichkeit der Lage des Metallstranges im Führungskanal mit feiner Ortsauflösung quer zur Metallstrang-Laufrichtung zu schaffen.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zum Stabilisieren einer mittleren Lage des Metallstrangs im Führungskanal bzw. im Induktor das elektromagnetische Feld senkrecht zur Metallstrang-Oberfläche kontinuierlich korrigiert wird. Dadurch wird der Metallstrang oder das Band in stabiler Lage im Führungskanal gehalten, so dass die geschilderten Schwierigkeiten nicht auftreten können.

In einer Ausgestaltung dieses Grundgedankens wird vorgeschlagen, dass die Korrektur des elektromagnetischen Feldes derart erfolgt, dass eine S-Form quer zur Laufrichtung im Metallstrang erzeugt wird. Dadurch wird das Trägheitsmoment hinsichtlich einer Krümmung eines Bandes parallel zur Metallstrang-Längsrichtung soweit erhöht, dass das Metallband plan und eben durch den Führungskanal geführt werden kann.

Eine weitere Verbesserung sieht vor, dass Korrekturspulen mit dem Wanderfeld der magneto-hydrodynamischen Induktoren im Gleichgewicht betrieben werden. Dadurch wird lediglich die Feldstärke lokal auf die Bedürfnisse der Korrektur der Bandlage eingestellt.

Die Einrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurchführbar ist, in dem mittels eines elektromagnetischen Wanderfeldes im Beschichtungsmetall Induktionsströme induzierbar sind, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls ausüben, ist zur Lösung der gestellten Aufgabe dahingehend gestaltet, dass Korrekturspulen vorgesehen sind, die in die Magnetjoche der Hauptspulen des magneto-hydrodynamischen Induktors eingeordnet sind. Diese Korrekturspulen erzeugen lokal eine Feldverstärkung bzw. eine Feldschwächung, die eine Einstellung der Lage des Metallstrangs oder des Bandes an einer beliebigen Stelle in dem Führungskanal erlauben. Die einstellbare Bandlage in der Kanaldurchführung ist insbesondere die gerade Durchführung in der Kanalmitte (Kurvenform 0. Ordnung). Zur Erhöhung der Stabilität sind aber auch Kurvenformen höherer Ordnung, wie z. B. ein "S" (Kurvenform 3. Ordnung) möglich.

Nach einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass zwecks Darstellung einer Metallstrang-Kurvenform höherer Ordnung quer zur Metallstrang-Längsrichtung zumindest zwei Reihen kleinerer Korrekturspulen längs des Metallstrang-Laufweges angeordnet sind.

Vorteilhaft ist dabei, dass die kleineren Korrekturspulen einzeln ansteuerbar sind. Dadurch werden die Auflösung und die Genauigkeit gesteigert.

Eine andere Weiterentwicklung besteht darin, dass für jeden einzelnen Korrekturvorgang eine Messung der Lage des Metallstrangs im Führungskanal durchführbar ist.

Eine weitere Besonderheit ist dadurch gegeben, dass die Korrekturen mittels der Korrekturspulen aufgrund eines Regelkreises ausführbar sind. Diese Maßnahme trägt ebenfalls zur Genauigkeit der Bandlage in der Kanaldurchführung bei.

Eine weitere Steigerung der Genauigkeit des Messverfahrens ergibt sich noch dadurch, dass jeder Korrekturspule ein gesonderter Regelkreis zugeordnet ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht ferner darin, dass mehr als zwei elektromagnetische Korrekturspulen in jeweils zumindest zwei Reihen von Korrekturspulen längs des Metallstrang-Laufweges angeordnet sind. Die lokalen elektromagnetischen Feldkorrekturen eröffnen die Möglichkeiten, kleinere Störungen der Planheit eines Bandes, wie die beobachteten Cross-Bows bzw. S-Formen längs der Bandrichtung auszugleichen und damit dauerhafte Deformationen des Bandes im Führungskanal zu vermeiden. Diese Korrekturen stellen einen erheblichen Vorteil dar.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Einrichtung dargestellt, an der auch das Verfahren erläutert werden kann, und die nachstehend näher erklärt wird.

Es zeigen

Fig. 1 einen Schnitt durch den Induktor, der das Prinzip der Erfindung zeigt,

Fig. 2 einen Schnitt durch zwei Induktoren mit zwei Gruppen von Korrekturspulen zur Einstellung der S-Form quer zur Metallstrang-Längsrichtung,

Fig. 3 einen Schnitt durch zwei Induktoren mit jeweils zwei Reihen von Korrekturspulen,

Fig. 4 einen Schnitt wie **Fig. 3** durch zwei Induktoren mit einer vergrößerten Anzahl von Korrekturspulen in zwei Reihen und

Fig. 5 einen Plan der Anordnung der Korrekturspulen innerhalb einer Reihe.

Das Verfahren zum Schmelztauchbeschichten von Metallsträngen **1**, insbesondere von Stahlband (wie gezeichnet), bei dem der Metallstrang **1** vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter (nicht gezeichnet) und durch einen vorgeschalteten Führungskanal **2** hindurch geführt wird, in dem durch ein elektromagnetisches Wanderfeld im Beschichtungsmetall Induktionsströme induziert werden, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls bewirken, wird derart ausgeübt (**Fig. 1**), dass zum Stabilisieren einer mittigen Lage des Metallstrangs **1** im Führungskanal **2** bzw. in einem Induktor **3** das elektromagnetische Feld senkrecht zur Metallstrang-Oberfläche **1a** kontinuierlich korrigiert wird. Dabei kann die Korrektur des elektromagnetischen Feldes dahingehend erfolgen, dass eine S-Form (**Fig. 2**) quer zur Laufrichtung **4** im Metallstrang **1** erzeugt wird.

Die gemäß den **Fig. 1** und **2** in einem Induktor **3** gegenüber von Magnetjochen **7** der Hauptspule **6** in Spulen-Ausnehmungen **6a** eingebauten Korrekturspulen **5** korrigieren das Feld kontinuierlich.

Zwecks Darstellung einer Metallstrang-Kurvenform höherer Ordnung quer zur Metallstrang-Längsrichtung **1b** sind zumindest zwei Reihen **8** kleinerer Korrekturspulen **5** längs des Metallstrang-Laufweges **1c** angeordnet (vgl. **Fig. 3**). Die kleineren Korrekturspulen **5** sind einzeln ansteuerbar und für jeden einzelnen Korrekturvorgang wird eine Messung der Lage des Metallstrangs **1** im Führungskanal **2** durchgeführt. Die Korrekturen werden mittels der Korrekturspule **5** aufgrund eines (nicht näher dargestellt) Regelkreises ausgeführt. Jeder Korrekturspule **5** ist ein gesonderter Regelkreis zugeordnet. Gemäß **Fig. 4** sind zumindest fünf elektromagnetische Korrekturspulen **5** in jeweils zumindest zwei Reihen **8** aus Korrekturspulen **5** längs des Metallstrang-Laufweges **1c** angeordnet.

In **Fig. 5** ist die erste Gruppe der Korrekturspulen **5** auf einer Seite des Führungskanals **2** und die zweite Gruppe auf

der anderen Seite symmetrisch angeordnet. Die Hauptspulen **6** des 3phasigen Systems liegen jeweils in Spulen-Ausnehmungen **6a**. Die in den **Fig. 2** bis **4** gezeigte Anordnung ist in einem Gehäuse **9** eingebaut und umschlossen.

In **Fig. 1** ist eine Anordnung der magnetischen Feldkorrekturen mittels der Korrekturspulen **5** gezeigt, die den Raum des Magnetjochs **7** für den Einbau ausnutzt. Die in den **Fig. 2** bis **4** dargestellte Anordnung von zwei Korrekturspulen-Reihen **8** dient jeweils zur Einstellung der S-Form quer zum Metallstrang-Laufweg **1c**.

Bezugszeichenliste

- 1 Metallstrang
- 1a Metallstrang-Oberfläche
- 1b Metallstrang-Längsrichtung
- 1c Metallstrang-Laufweg
- 2 Führungskanal
- 3 Induktor
- 4 Laufrichtung
- 5 Korrekturspule
- 6 Hauptspule
- 6a Spulen-Ausnehmung
- 7 Magnetjoch
- 8 Reihe der Korrekturspule
- 9 Gehäuse

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelztauchbeschichten von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, bei dem der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurchgeführt wird, in dem durch ein elektromagnetisches Wanderfeld im Beschichtungsmetall Induktionsströme induziert werden, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls bewirken, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Stabilisieren einer mittigen Lage des Metallstrangs im Führungskanal bzw. im Induktor das elektromagnetische Feld senkrecht zur Metallstrang-Oberfläche kontinuierlich korrigiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrektur des elektromagnetischen Feldes derart erfolgt, dass eine S-Form quer zur Laufrichtung im Metallstrang erzeugt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Korrekturspulen mit dem Wanderfeld der magneto-hydrodynamischen Induktoren im Gleichgewicht betrieben werden.
4. Einrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurchführbar ist, in dem mittels eines elektromagnetischen Wanderfeldes im Beschichtungsmetall Induktionsströme induzierbar sind, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Wanderfeld eine elektromagnetische Kraft zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls ausüben, **dadurch gekennzeichnet**, dass Korrekturspulen (**5**) vorgesehen sind, die in die Magnetjochs (**7**) der Hauptspulen (**6**) des magneto-hydrodynamischen Induktors (**3**) eingeordnet sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwecks Darstellung einer Metallstrang-

Kurvenform höherer Ordnung quer zur Metallstrang-Längsrichtung (1b) zumindest zwei Reihen (8) kleinerer Korrekturspulen (5) längs des Metallstrang-Laufweges (1c) angeordnet sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die kleineren Korrekturspulen (5) einzeln ansteuerbar sind. 5

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden einzelnen Korrekturvorgang eine Messung der Lage des Metallstrangs (1) im Führungskanal (2) durchführbar ist. 10

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturen mittels der Korrekturspulen (5) aufgrund eines Regelkreises ausführbar sind. 15

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Korrekturspule (5) ein gesonderter Regelkreis zugeordnet ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als zwei elektromagnetische Korrekturspulen (5) in jeweils zumindest zwei Reihen (8) von Korrekturspulen (5) längs des Metallstrang-Laufweges (1c) angeordnet sind. 20

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

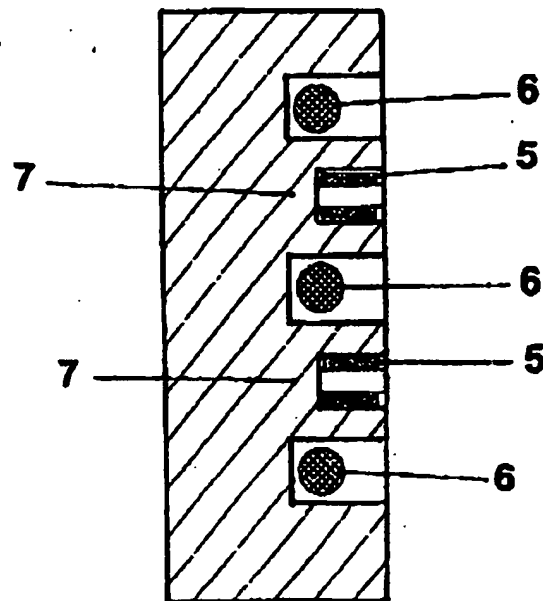


FIG. 2

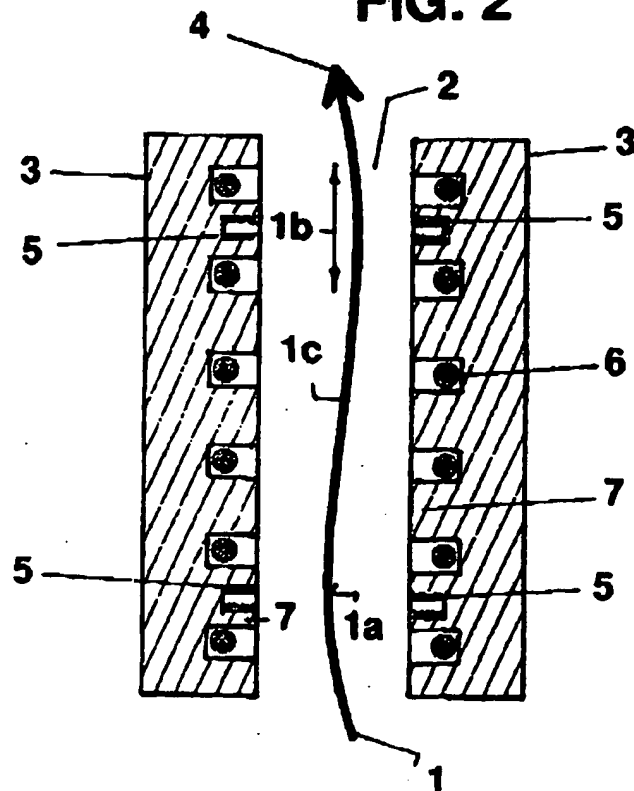


FIG. 3

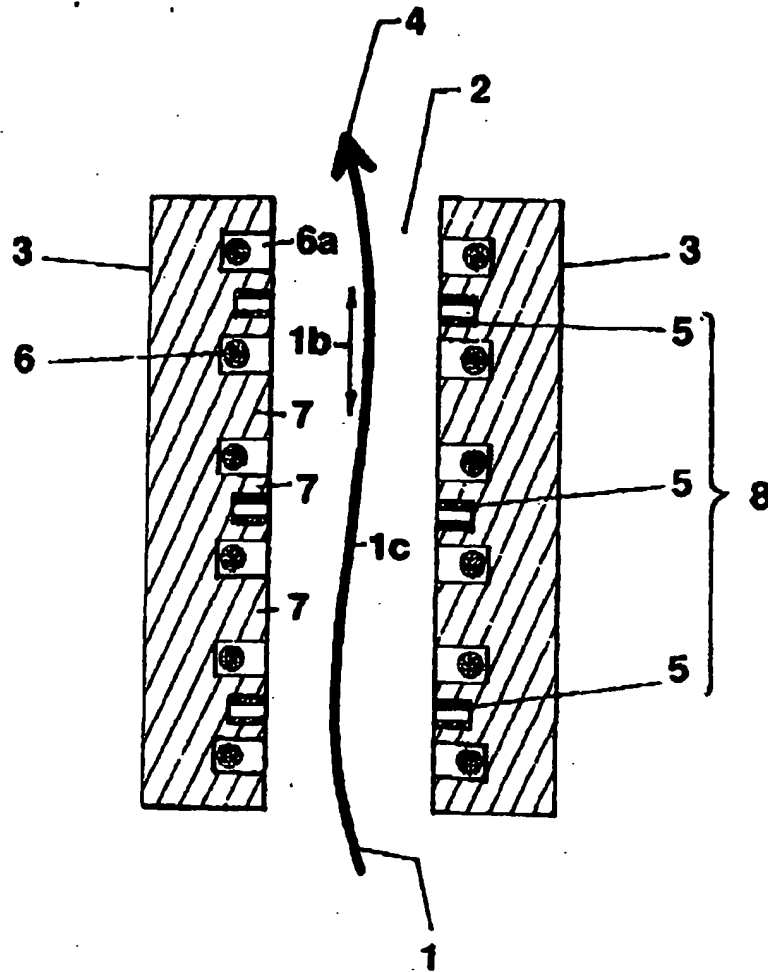


FIG. 4

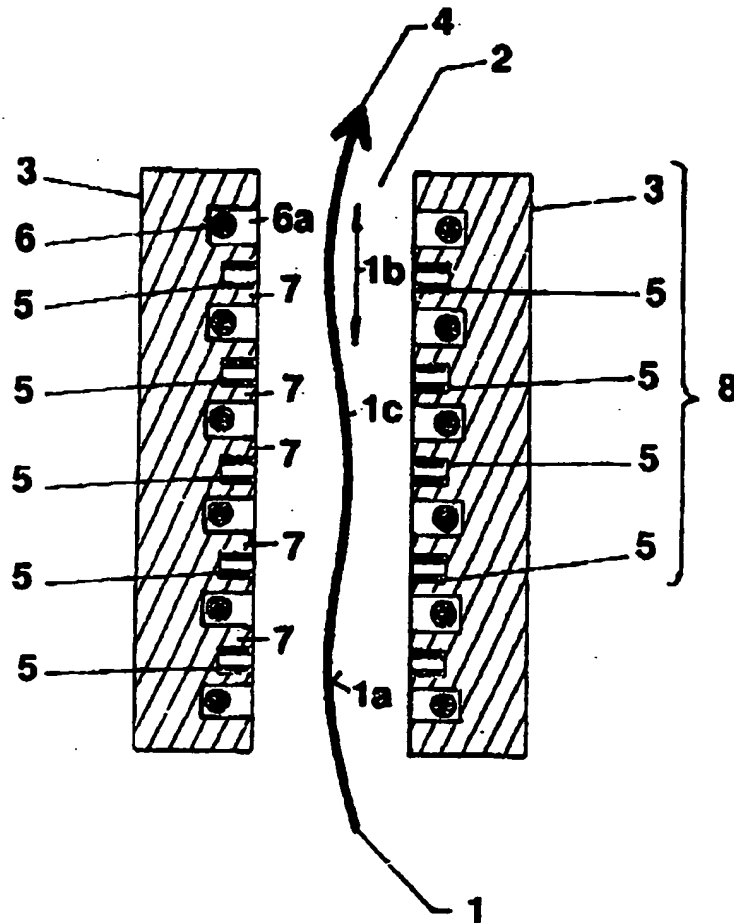


Fig. 5

